POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

PRO-VISION: un sistema prototipale per l'analisi di visibilità in campo stradale

Original
PRO-VISION: un sistema prototipale per l'analisi di visibilità in campo stradale / Bassani, M., Grasso, N., Lingua, A.M., Marinelli, G., Piras, M.. - ELETTRONICO. - (2014), pp. 149-154. (XVIII Conferenza ASITA Firenze 14-16 ottobre 2014).

Availability:
This version is available at: 11583/2572759 since:

Publisher:
ASITA

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

15 October 2026

PRO-VISION: un sistema prototipale per l'analisi di visibilità in campo stradale

Marco Bassani, Nives Grasso, Andrea M. Lingua, Giuseppe Marinelli, Marco Piras

Politecnico di Torino, DIATI, C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129, Torino,
011-090(5635,7700,7661) , nome.cognome@polito.it

Keywords: **Sicurezza stradale, mobile mapping, basso costo, GNSS/IMU, analisi visibilità**

Riassunto

La messa in sicurezza delle infrastrutture stradali è indispensabile per la riduzione dell'incidentalità e della mortalità ad essa associata. In ambito urbano, dove avviene circa il 75% degli incidenti totali rilevati sulla rete nazionale, gli utenti (guidatori, ciclisti, pedoni) interagiscono in modo caotico per l'elevato numero di punti di conflitto tra correnti di traffico dense caratterizzate da velocità, prestazioni e spazi di occupazione diversi. Ciò giustifica la maggiore incidentalità rilevata nelle strade urbane rispetto a quelle extraurbane.

Un deciso miglioramento delle condizioni di sicurezza è attuabile attraverso il soddisfacimento delle condizioni di visibilità reciproca tra utenti e potenziali ostacoli nei punti di conflitto. Lo spazio di visibilità disponibile (SVD), ossia lo spazio che separa l'utente dai possibili punti di conflitto, condizionato dalla presenza di ostruzioni ottiche statiche e dinamiche, dovrebbe essere superiore a quello necessario per l'esecuzione in sicurezza delle manovre, su tutte l'arresto di emergenza. In questo lavoro si presenta il progetto PRO-VISION, finanziato dalla Regione Piemonte, in cui ci si propone di sviluppare uno strumento prototipale innovativo tipo *mobile mapping* con sensori di basso costo (webcam e sistemi di posizionamento integrato), con l'obiettivo di stimare, anche in tempo reale, l'SVD. Dai dati acquisiti dal sistema prototipale e con il supporto di database tridimensionali dell'ambiente circostante, derivano i valori di SVD e si confrontano con quelli necessari per l'esecuzione delle manovre. Nel presente lavoro si descrivono la metodologia sperimentale e i primi risultati ottenuti.

Abstract

Safety analysis is strategic to reduce accident rates and associated mortality in the road network. In urban areas, where about 75% of the total accidents occur, road users (i.e., drivers, cyclists, pedestrians) interact in a chaotic way as a consequence of the high number of conflict points between dense traffic streams, each one characterized by different speed, performance and occupancy. This justifies the higher accident rate of urban roads than rural ones.

A significant safety improvement is feasible through the fulfilment of minimum conditions of mutual visibility among users and potential obstacles in conflict points. The available sight distance (ASD) from the user's point of view is the distance that separates her/him from potential conflict points, and it should be higher than the distance requested for driving manoeuvres, over all the emergency stop. This paper presents the PRO-VISION project, funded by the Regione Piemonte (Italy), in which an innovative "mobile mapping" prototype device with low-cost sensors (webcam and positioning systems integrated - GNSS/IMU) is proposed and developed with the aim to estimate the ASD, even in real-time. Data acquired from the prototype system and from a 3D database of the surrounding environment, are used to evaluate the ASD values to be compared with those expected for the execution of safe manoeuvres. In this paper, the authors describe the experimental methodology and the first results obtained.

Introduzione

La messa in sicurezza delle infrastrutture stradali è indispensabile ai fini della riduzione dell'incidentalità e del miglioramento della qualità della vita, soprattutto in ambito urbano. In Italia, circa il 75% degli incidenti registrati con almeno un ferito avvengono all'interno dei centri abitati. È qui, infatti, che molteplici categorie di utenti (guidatori, ciclisti, pedoni) interagiscono in modo caotico a causa dell'elevato numero di punti di conflitto tra correnti di traffico, di norma dense e caratterizzate da sensibili differenze in termini di velocità, prestazioni e ingombri.

Il tema della sicurezza stradale è stato recentemente rilanciato dalla Commissione Europea che, dagli ottimi risultati ottenuti nel corso del primo programma europeo di sicurezza stradale del decennio 2001-2010, anche per il decennio 2011-2020 ha fissato l'obiettivo di un'ulteriore riduzione del 50% della mortalità su strada e più in generale dell'incidentalità, compresa quella che comporta il ferimento di persone e/o i danni alle cose [1].

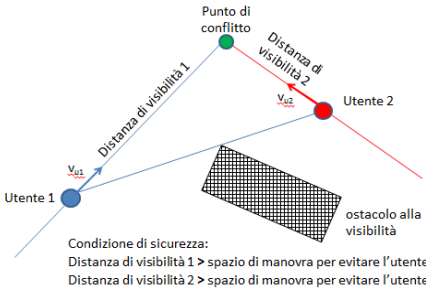
Esistono diverse tecniche per l'analisi di sicurezza di strade esistenti finalizzate alla verifica della qualità e della quantità dei sistemi di protezione, dell'adeguatezza della segnaletica, sino anche alla valutazione dell'adeguatezza della stessa geometria stradale e delle sovrastrutture nel rispetto delle leggi e delle norme tecniche vigenti. Dall'analisi di questi elementi derivano i correttivi che contribuiscono alla limitazione dell'incidentalità e delle conseguenze per l'utenza in caso di collisione [2].

Tra le diverse analisi di sicurezza vi è senza dubbio quella di visibilità, che la norma tecnica [3] impone per la stima "delle visuali libere", la cui esistenza "costituisce primaria e inderogabile condizione di sicurezza della circolazione". Ciò significa che ciascun utente quando isolato deve disporre di uno spazio visibile sufficiente a modificare la propria condizione di moto in ragione di un evento atteso o imprevisto. La sussistenza di tale condizione, valutata attraverso la cosiddetta "analisi di visibilità", è oggi obbligatoria per le sole strade in progetto e si limita all'analisi della sola utenza veicolare.

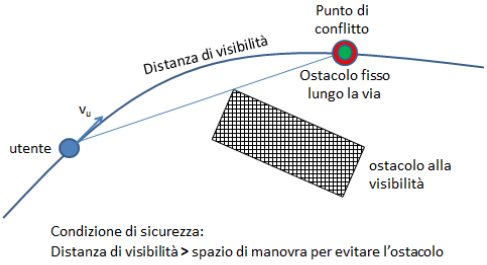
Questo lavoro presenta una prima parte delle attività di ricerca svolte all'interno del progetto denominato PRO-VISION, finanziato dalla Regione Piemonte, che ha come obiettivo la ricerca di strumenti innovativi per la verifica di visibilità. Tale obiettivo è perseguito attraverso la messa a punto di un prototipo strumentale in grado di rilevare l'ambiente stradale e di verificare autonomamente il soddisfacimento delle condizioni di visibilità per tutti i possibili tipi d'interazione tra utenti.

Verifica di visibilità

La verifica di visibilità [1,4] consente di valutare l'adeguatezza di spazi liberi da ostacoli entro i quali possono essere compiute, in totale sicurezza, i movimenti fondamentali dei veicoli in marcia quali l'arresto di fronte a ostacoli fissi, il sorpasso, lo spostamento trasversale sulla sede di competenza. A solo titolo di esempio, in Figura 1 si riportano due casi.



Caso 1: visibilità in intersezione tra utenti



Caso 2: visibilità lungo l'asse

Figura 1 - Fattore di variazione dell'incidentalit per strade extraurbane secondarie a due corsie

Il caso 1 riguarda l'interazione tra due veicoli in corrispondenza delle intersezioni. Affinché i due utenti possano superare il punto di conflitto in totale sicurezza e nel rispetto delle regole di precedenza, i rispettivi guidatori devono poter avere una distanza di visibilità di lunghezza superiore allo spazio di arresto necessario a evitare il conflitto. Il caso 2 riguarda l'interazione di un utente e di un potenziale ostacolo fisso presente lungo la traiettoria; la distanza di visibilità misurata lungo questa deve essere superiore allo spazio di manovra necessario ad evitare l'ostacolo (anche qui l'arresto).
Oggigiorno, le verifiche di visibilità sono eseguite su strade in progetto mediante l'uso di software operanti in ambiente 3D. Ciò costituisce una limitazione del principio espresso dalla norma tecnica perché essa non considera quelle esistenti. Inoltre, sono escluse dall'analisi le parti di infrastruttura in uso alle altre categorie di utenza, soprattutto quelle deboli (es. percorsi pedonali e ciclabili e le relative intersezioni), poiché essa si limita alle sole carreggiate stradali e all'utenza veicolare.

Il progetto PRO-VISION
Il lavoro di ricerca che si sta svolgendo all'interno del progetto PRO-VISION è finalizzato allo studio di soluzioni innovative per l'esecuzione di verifiche di visibilità sulle infrastrutture esistenti e per qualunque genere di utenza.
Per il raggiungimento di tale obiettivo si ricorre a competenze specifiche riconducibili alla Geomatica, all'Ingegneria Stradale e all'Informatica, poiché l'attività prevede lo sviluppo di un sistema prototipale per l'analisi di visibilità costituito da tre moduli:

- uno strumento di acquisizione georeferenziata tipo *mobile mapping* dei molteplici dati spaziali che definiscono la geometria della strada e i relativi margini;
- un codice di conversione dei dati spaziali in modelli tridimensionali;
- un algoritmo per l'analisi di visibilità che consideri le caratteristiche di dinamicità e le esigenze di visibilità delle diverse categorie di utenza.

L'idea è di utilizzare lo strumento di *mobile mapping* a basso costo per l'acquisizione di immagini mediante sensori multipli di tipo *mass market* (es. *webcam* o *action-cam*), in grado di restituirle in modo georiferito e orientato spazialmente per scopi fotogrammetrici con l'ausilio di ricevitori GNSS e piattaforme inerziali tipo MEMS in parte già sviluppato presso il Politecnico di Torino [5]. Il sincronismo dei frames sarà garantito mediante software nel caso in cui sia preferita la *webcam*, mentre nel caso d'impiego della *action-cam* non sarà necessario stante la presenza in questo tipo di strumento di un GPS interno.
Il sistema di acquisizione è in fase di sviluppo in collaborazione con BEA s.r.l., e sarà reso operativo in due distinte versioni: una per autoveicolo al fine di condurre le verifiche di visibilità lungo le corsie stradali, e una per bicicletta per l'indagine su piste ciclabili e percorsi pedonali.

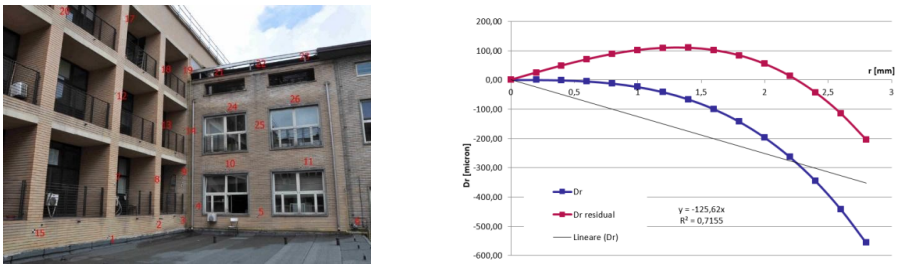


Figura 2 - Poligono di calibrazione (sinistra) ed esempio di modello di distorsione radiale stimato (destra)

Lo strumento sarà in grado di registrare immagini e dati grezzi GNSS con un'elaborazione cinematica di tipo PPK (*post-processing kinematic*), nonché i dati degli accelerometri e dai

giroscopi dell'IMU. Le ottiche dei sensori utilizzati per l'acquisizione delle immagini, sia *webcam* sia *action-cam*, saranno calibrate mediante l'utilizzo di un poligono di calibrazione (Figura 2), così da stimare le distorsioni radiali e tangenziali (solitamente trascurabili per applicazioni speditive), per poi utilizzare le immagini raccolte per le successive applicazioni metriche.

Generazione del database (DB) di riferimento

Al fine di effettuare l'analisi di visibilità, occorre disporre di un modello 3D dell'ambiente, ove tutti gli oggetti sono riportati in un geodatabase. Un primo modello semplificato dello scenario con infrastrutture ed edifici è stato realizzato a partire dalle ortofoto a colori del 2012 disponibili della Regione Piemonte (con risoluzione 30 cm), dal modello digitale delle superfici (DSM) a passo 5 m, integrato con la carta tecnica comunale a scala 1:1000 del comune di Torino, consentendo così una prima identificazione di vincoli e potenziali ostruzioni visive.

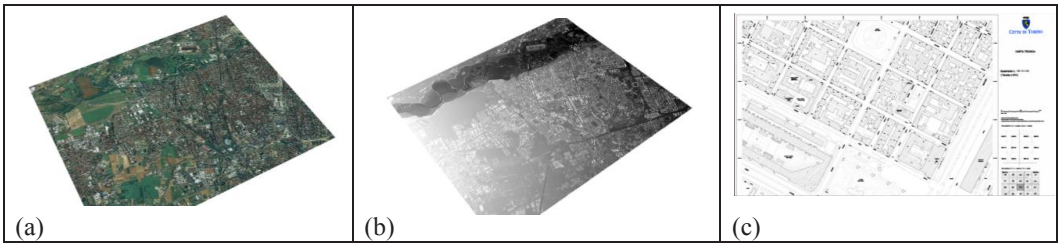


Figura 3 - Esempio di ortofoto (a), DSM (b), carta tecnica comunale di Torino (c)

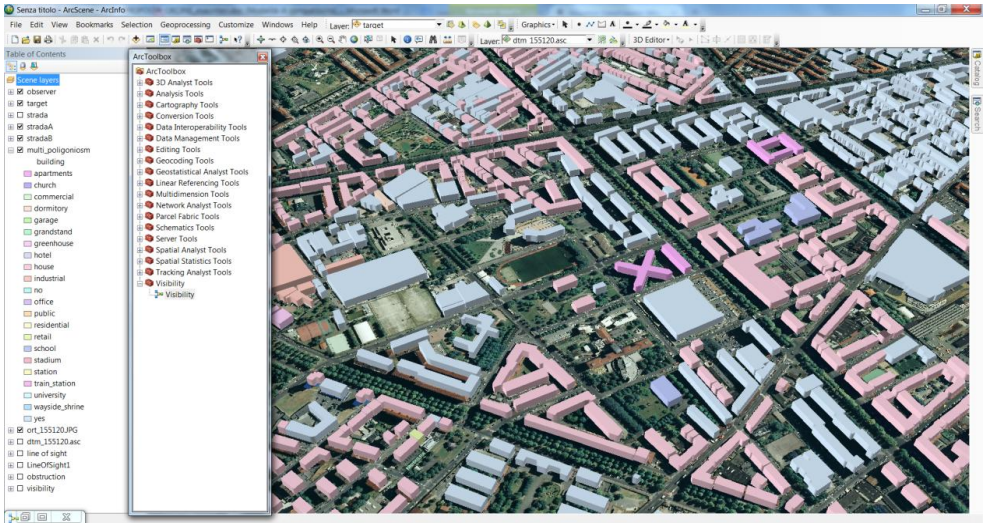


Figura 4 - Esempio di ricostruzione del modello 3D

Nella formazione del DB, saranno rilevati con particolare attenzione tutti i potenziali ostacoli alla visibilità (Figura 1), che condizionano la visuale e riducono lo spazio utile alle manovre prima citate (*Figura 4*). In particolare, attraverso l'impiego del sistema di *mobile mapping*, si riuscirà ad integrare il modello iniziale con le reali ostruzioni permanenti e fisse presenti quali gli arredi stradali, la vegetazione, le recinzioni, comprese quelle che possono essere ricollocate nel corso del tempo quali i cassonetti e le autovetture in sosta.

Questo "aggiornamento" consentirà sia di tener conto dell'attuale scenario in cui l'utente si muove, sia della "dinamicità" dello scenario stesso.

L'attuale modello è stato implementato in ambiente ARCGIS dove sono disponibili alcuni applicativi dedicati all'analisi spaziale e all'elaborazione di solidi. Con la creazione di un codice di calcolo personalizzato, possibile attraverso il *tool* MODELBUILDER di ARCGIS, sarà eseguita l'analisi di visibilità nel rispetto dei criteri di seguito illustrati.

Caratterizzazione geometrica dell'infrastruttura esistente e analisi visibilità

L'analisi di visibilità che s'intende condurre in questo progetto prevede la stima dell'SVD dal punto di osservazione di un generico utente che si muove su traiettorie coincidenti con l'asse delle corsie, siano esse stradali, ciclabili e pedonali. Lungo di esse (caso 1 di ***Figura 1***), così come nei punti di intersezione (caso 2 di ***Figura 1***), sarà stimata l'SVD per le diverse tipologie di manovra possibili quali l'arresto, il sorpasso, il cambio di corsia. Non sarà trascurata la stima dello SVD nelle intersezioni non semaforizzate, lineari e a rotatoria, siano esse libere, regolate con diritto di precedenza e con segnale di arresto.

Per ciascuna manovra saranno individuate le caratteristiche dell'utenza sia in termini geometrici (altezza sul piano stradale, posizione e ingombri planimetrici), sia in termini cinematici (velocità, accelerazioni).

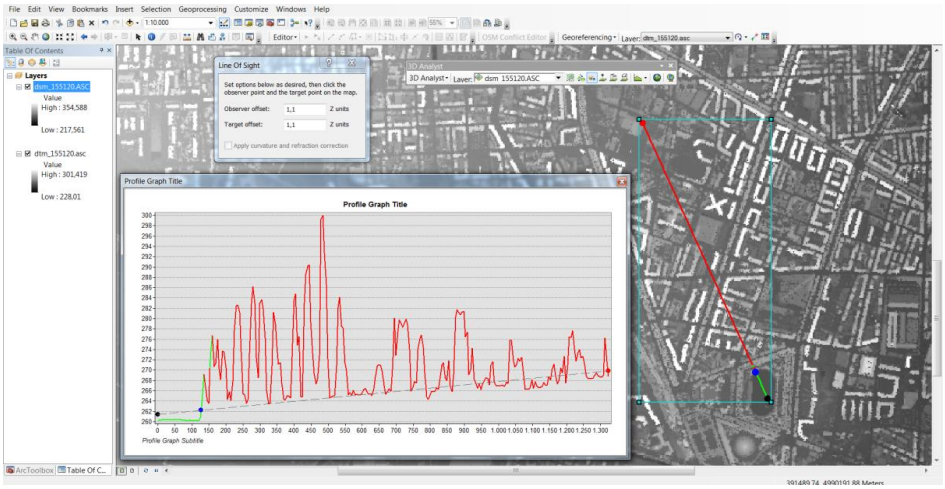


Figura 5 - Prova del tool "Line of Sight" su ArcMap

La costruzione degli algoritmi di stima dell'SVD saranno realizzati in ambiente GIS con la costruzione di codici di analisi dedicati. Le potenzialità di tale approccio sono in parte già state verificate attraverso il toolbox di ARCMAP® denominato "*Line of Sight*". Stabilita le posizioni in pianta e altezza dell'osservatore (utente) e del punto osservato (ostacolo) rispetto alla superficie, si tracciano le linee di visuale tra i due punti. In Figura 4 queste sono verdi sulle zone visibili e rosse in caso contrario, mentre il punto blu indica il primo ostacolo. 3D Analyst restituisce anche il grafico relativo all'andamento della superficie lungo la linea tracciata.

È prevista la realizzazione di due indagini di campo tese a validare il funzionamento dello strumento. In particolare, saranno considerati un tronco stradale completo con corsie veicolari, marciapiedi e piste ciclabili, e un'intersezione. Le indagini saranno condotte limitandosi al solo corridoio infrastrutturale e all'immediato intorno.

Conclusioni

Il progetto PRO-VISION si propone di fornire un contributo innovativo a una grande *social challenge* quale la sicurezza stradale. I risultati ottenuti potranno essere impiegati da enti pubblici

territoriali e società concessionarie competenti al fine di migliorare la sicurezza delle infrastrutture in esercizio. Attraverso l'impiego del sistema prototipale in corso di definizione sarà possibile condurre analisi di visibilità destinate al controllo dell'esistenza, sui diversi elementi componenti le infrastrutture stradali di tipo urbano, di visuali libere sufficienti a garantire una marcia sicura delle diverse utenze.
Nel caso in cui tale verifiche diano esito negativo è offerta la possibilità all'ente proprietario di intervenire attraverso la correzione del difetto, che potrà avvenire attraverso:

- la rimozione o la ricollocazione delle ostruzioni alla visibilità;
- la modifica dell'assetto geometrico dell'infrastruttura per risolvere le interferenze con le ostruzioni che per loro natura non possono essere in alcun modo rimosse,
- l'introduzione di limiti di velocità più restrittivi rispetto a quelli presenti per ridurre gli spazi di manovra.

Le ricadute concrete a beneficio della comunità potranno essere ottenute nel breve periodo stante la possibilità di intervenire con costi ridotti. L'innalzamento dello standard qualitativo e funzionale delle infrastrutture viarie metropolitane permetterà di innalzare il livello di sicurezza su tutte le tipologie d'infrastruttura e per tutte le categorie di utenti, soprattutto per quelle deboli. Come dimostrato nella letteratura scientifica, una maggiore sicurezza intrinseca è la premessa necessaria per una concreta riduzione del livello di rischio, dell'incidentalità e della mortalità su strada.

Ringraziamenti
La ricerca presentata in questo articolo fa parte del Progetto **Pro-Vision** (Titolo: *Sistema Prototipale per le Verifiche di Visibilità su Infrastrutture di Trasporto Esistenti in Ambito di Smart City*), finanziata dalla Regione Piemonte (F.E.S.R. 2007/2013). Gli autori ringraziano BEA srl e Synarea s.r.l per la partecipazione e collaborazione al progetto.

Bibliografia

1. European Transport Safety Council (2012). *A Challenging Start towards the EU 2020 Road Safety Target*. 6th Road Safety PIN Report, Brussels.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials (2010). *Highway Safety Manual*, Washington D.C., US, ISBN 978-1-56051-477-0.
3. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. *Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade*. Decreto Ministeriale n.6792 5 Novembre 2001, Roma, Italia.
4. Hassan, Y., Easa, S.M. and A.O. Abd El Halim. *Analytical Model for Sight Distance Analysis on Three-Dimensional Highway Alignments*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1523, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 1996, pp. 1-10.
5. Bassani, M., Lingua, A., Piras, M., De Agostino, M., Marinelli, G. and G. Petrini. (2012). *Alignment Data Collection of Highways using Mobile Mapping and Image Analysis Techniques*. Transportation Research Board of the National Academies 91st Annual Meeting, Washington D.C.
6. Cina A.; Lingua Andrea; Piras Marco (2008). *Low cost mobile mapping systems: an Italian experience*. In: 2008 IEEE/ION Position Location and Navigation Symposium, Monterey, California, May 5-8, 2008. pp. 1033-1045